

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 23320061152612

UDC _____

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

无线 Mesh 网络中 VoIP 服务质量的保证机制

Quality of Service Guarantee Mechanism of VoIP in
Wireless Mesh Network

彭征

指导教师姓名: 肖 明 波 教授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交时间: 2009 年 月

论文答辩日期: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席_____

评 阅 人_____

2009 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的
研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表
的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规
范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()
课题(组)的研究成果,获得()课题(组)
经费或实验室的资助,在()实验室完成。

(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,
未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

200 年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

200 年 月 日

摘 要

无线 Mesh 网络是一种新型的宽带无线接入网络，具有多跳、自组织和自愈合的特点，以其特有的优势成为研究热点。无线 Mesh 网络支持实时业务和数据业务的高速传输，实时业务主要包括语音和视频业务。时延是影响通话质量的关键因素，为了保证 VoIP 的服务质量，必须减小网络的传输时延。当网络中同时传输语音和数据业务而且负载较重时，往往不能保证语音业务的服务质量。此外，在无线 Mesh 网络中使用多跳来覆盖大范围区域的时候会出现带宽下降、网络时延等问题，也严重破坏了对 VoIP 等实时业务的支持。因此，在无线 Mesh 网络中，需要针对语音业务，采用相应的服务质量保证机制。

论文分析了无线 Mesh 网络中的 QoS 保证机制，主要包括保证语音 QoS 的 DCF 改进机制和保证数据 TCP 公平性的机制。在分析现有方案的基础上，本文提出了一种在无线 Mesh 网络中保证 VoIP 服务质量的跨层机制，主要包括语音优先级机制和信道分配机制。

当在网络中同时传输语音业务和数据业务时，通过采用改进的语音优先级机制来保证 VoIP 的服务质量，语音优先级机制融合了网络层分组标识机制、分布式多时隙机制和改进的 DCF 优先级机制；同时，采用基于优先级的信道分配机制，当有多条可用信道时，将不同的 VoIP 流分散到不同信道传输，从而有效避免了高优先级的语音业务流竞争相同信道。此外，采用合理的信道分配来消除隐蔽终端，提高了数据 TCP 业务的吞吐量，并且降低了 VoIP 的时延。分析和仿真结果表明，这种跨层 QoS 保证机制既能满足语音业务服务质量的要求，又能够保证数据业务的吞吐量，有效提高了网络性能。

关键词：无线 Mesh 网络；VoIP；QoS

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Wireless Mesh Network is a new type of broadband wireless access network, with the characteristics of multi-hop, self-organization and self-healing, which is becoming a research hot-spot due to its special predominance. Wireless Mesh Network can offer high-speed data services, as well as real-time services such as voice and video. Time-delay is an important influence factor of voice quality. In order to ensure VoIP quality of service, it is necessary to reduce the network transmission delay. When voice and data services are transferred in the network simultaneously with heavy load, VoIP quality of service can not be guaranteed. In addition, because Wireless Mesh Network takes advantage of multi-hop to cover the large areas, this may further decrease the bandwidth, causing serious network delay and other problems for real-time services, such as VoIP. Therefore, in the Wireless Mesh Network, we need to provide appropriate mechanisms to guarantee the quality of service for the voice service.

In this thesis, we analyze some QoS guarantee mechanisms of Wireless Mesh Network, including the improved distributed coordination function (DCF) mechanism to guarantee the QoS of Voice, as well as the fairness guarantee mechanisms of TCP. Based on the analysis, we use the cross-layer design approach to propose a QoS guarantee mechanism of VoIP in Wireless Mesh Network, including the prioritization mechanism of voice service and the channel assignment mechanism.

When both voice and data services are simultaneously carried by the network, in order to guarantee the QoS of VoIP, we use the improved priority mechanism of voice service, including the network-layer packet marking mechanism, distributed multi-slot mechanism and the DCF mechanism with improved priority. In addition, when there are numbers of available channels, we use priority-based channel assignment mechanism to assign different VoIP streams to different transmission channels, thus effectively avoiding voice streams competing with each other for the same channel.

We also propose appropriate channel assignment mechanism to eliminate the hidden terminal, thus improving the throughput of TCP services and reducing the delay of VoIP. Analysis and simulation results show that the cross-layer QoS

guarantee mechanism can meet the QoS requirements of voice services, and guarantee the throughput of data services, hence effectively improve the network performance.

Key words: Wireless Mesh Network; VoIP; QoS

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究与发展现状	2
1.3 论文的研究意义	4
1.4 论文主要工作和结构安排	5
第二章 理论知识背景	6
2.1 无线 Mesh 网络	6
2.1.1 无线 Mesh 网络的起源	6
2.1.2 无线 Mesh 网络的定义	7
2.1.3 无线 Mesh 网络的网络结构	7
2.1.4 无线 Mesh 网络与其他网络的区别	10
2.1.5 无线 Mesh 网络的应用	14
2.1.6 多信道应用于无线 Mesh 网络	15
2.1.7 多信道无线 Mesh 网络中面临的问题与挑战	17
2.2 VoIP 技术	24
2.2.1 VoIP 的基本原理	24
2.2.2 VoIP 的关键技术	25
2.2.3 VoIP 语音质量的评价	29
2.3 服务质量	31
2.3.1 QoS 的概念	31
2.3.2 QoS 的服务模型	32
2.3.3 影响 VoIP 服务质量的主要因素	34
第三章 无线 Mesh 网络中的 QoS 保证机制	37
3.1 DCF 及其 QoS 改进机制	37
3.1.1 802.11 DCF 机制	37

3.1.2 802.11e EDCF 机制.....	40
3.1.3 存在问题与 QoS 改进机制	42
3.2 TCP 公平性的保证机制.....	43
3.2.1 无线 Mesh 网络中 TCP 的性能分析.....	44
3.2.2 无线 Mesh 网络中的 TCP 不公平性问题.....	44
3.2.3 无线 Mesh 网络中保证 TCP 公平性的方法.....	45
第四章 保证 VoIP 服务质量的跨层机制.....	47
4.1 跨层 QoS 保证机制的原理与性能分析.....	47
4.1.1 跨层 QoS 保证机制	47
4.1.2 网络层分组标识机制	49
4.1.3 分布式多时隙机制	51
4.1.4 改进的 DCF 优先级机制	52
4.1.5 信道分配机制	53
4.2 QualNet 仿真工具介绍	56
4.2.1 常用网络仿真工具比较.....	56
4.2.2 QualNet 仿真软件.....	57
4.3 网络仿真与结果分析	58
4.3.1 多跳对语音业务和数据业务传输性能的影响.....	58
4.3.2 语音优先级机制对网络性能的影响.....	64
4.3.3 信道分配机制对网络性能的影响.....	68
第五章 总结与展望	76
参考文献.....	79
致 谢.....	83
读研期间发表论文.....	84

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background.....	1
1.2 Status of Research and Development at Home and Abroad.....	2
1.3 Research Purpose.....	4
1.4 Thesis Organization and Main Contents.....	5
Chapter 2 The Background of Theoretical Knowledge.....	6
2.1 Wireless Mesh Network	6
2.1.1 Origin.....	6
2.1.2 Definition.....	7
2.1.3 Network Architecture.....	7
2.1.4 Compare with Other Networks.....	10
2.1.5 Applications.....	14
2.1.6 Application of Multi-Channel in Wireless Mesh Network.....	15
2.1.7 Problems and Challenges of Multi-Channel Wireless Mesh Network.....	17
2.2 VoIP Technologies.....	24
2.2.1 Principle of VoIP.....	24
2.2.2 Key Technologies of VoIP.....	25
2.2.3 Voice quality evaluation of VoIP.....	29
2.3 Quality of Service.....	32
2.3.1 Definition.....	32
2.3.2 Service Model.....	33
2.3.3 Important Influence Factors of VoIP QoS.....	34
Chapter 3 QoS Guarantee Mechanisms of Wireless Mesh Network.....	37
3.1 Improved DCF QoS Mechanism.....	37
3.1.1 802.11 DCF Mechanism.....	37
3.1.2 802.11e EDCF Mechanism.....	40
3.1.3 Problems and Improved QoS Mechanism.....	42
3.2 Fairness Guarantee Mechanisms of TCP.....	43

3.2.1 Performance Analysis of TCP in Wireless Mesh Network.....	44
3.2.2 Unfairness Problems of TCP in Wireless Mesh Network.....	44
3.2.3 Fairness Guarantee Methods of TCP.....	45
Chapter 4 Cross-layer QoS Guarantee Mechanism of VoIP.....	47
4.1 Principle and Performance Analysis.....	47
4.1.1 Cross-layer QoS Guarantee Mechanism.....	47
4.1.2 Packet Marking Mechanism in Network Layer.....	49
4.1.3 Distributed Multi-slot Mechanism.....	51
4.1.4 Improved Priority DCF Mechanism.....	52
4.1.5 Channel Assignment Mechanism.....	53
4.2 Introduction of Qualnet simulator.....	56
4.2.1 Network emulators.....	56
4.2.2 Qualnet simulator.....	57
4.3 Network Simulation and Analysis.....	58
4.3.1 Influence of Multi-hop on Network Performance.....	58
4.3.2 Influence of Voice Priority Mechanisms on Network Performance..	64
4.3.3 Influence of Channel Assignment Mechanisms on Network Performance.....	68
Chapter 5 Conclusions and Future Work.....	76
References.....	79
Acknowledgement.....	83
Paper Published.....	84

第一章 绪 论

1.1 研究背景

如今,无线通信技术正以前所未有的速度发展着,并日益广泛地融入到人们的生活之中。蜂窝移动通信网技术比较成熟,网络覆盖能力强,然而它在数据业务支持方面明显不足。无线局域网在近年来得到了较快的发展,成为无线接入的有效手段,但是它的覆盖范围又很有限。下一代无线通信网络究竟该朝哪个方向发展?虽然还没有定论,但能同时提供大覆盖范围、高数据速率和移动性支持则是共识。近年来,无线 Mesh 网络(Wireless Mesh Network, WMN)^[1]以其特有的优势引起了人们的广泛关注,并可能成为下一代无线网络和因特网的重要组成部分。

无线 Mesh 网络是一种新型的宽带无线网络结构,即一种高容量、高速率的分布式网络,不需要网络基础设施,每个用户节点都是骨干网络的一部分,可以转发其它用户节点的信息,并且随着网络节点的增加,网络的覆盖范围以及灵活性也会随之增加。它不同于传统的无线网络,可以看成是无线局域网和移动 Ad hoc 网络的融合,且发挥了两者的优势,是因特网的无线版本。无线 Mesh 网络可以支持多种类型的网络接入,兼容现有的无线网络,具有可靠性、自组织、自愈合的特点,可伸缩性和灵活性较大,与传统的无线网络相比具有很大的优势。

无线 Mesh 网络能够广泛应用于许多领域,如用于构建数字化家庭,互联家庭通信设备,实现家庭 Internet 接入,在家中任意地方都可自由上网;为城市地铁、轻轨等通勤车辆提供移动 Wi-Fi 接入,使旅客在行程中仍可享受上网乐趣;应用于临时集群通信系统,为通信基础设施遭到破坏的突发事件现场提供应急通信服务;扩大校园网的覆盖范围至校外,向身处校外的教师和学生提供无处不在的宽带接入,等等。

随着无线 Mesh 网络的蓬勃发展,几乎每天都有新的公用或私用无线网络在部署。当在无线 Mesh 网络中使用多跳来覆盖大范围区域的时候,出现了带宽下降、无线干扰和网络时延等一系列问题。这些问题严重破坏了对 VoIP 等实时业务的支持。

VoIP(Voice Over Internet Protocol)是指通过 Internet 实时传递语音信号,即

IP 电话。但随着传统电话业务网的不断发展, VoIP 的含义已经超越了其字面意思, 它不仅指提供双方会话的传统电话技术, 而是一种以 IP 电话为主, 并推出相应的增值业务的技术。VoIP 从 1995 年出现至今只有十多年的时间, 但极低的费用以及良好的通话质量促使这一技术发展异常迅速。最初只能在联网的 PC 间通话, 而现在已经可以在普通的电话机上享用了。VoIP 可以使电话物理网络和 IP 物理数据网络合二为一, 有效地简化通信系统, 降低系统成本和管理成本。VoIP 可以使语音应用与原有的数据业务应用有机地融合在一起, 并进一步开发包括传真、视频在内的更多业务应用。

随着 VoIP 和宽带多媒体业务的发展, 用户迫切希望可以通过无线网络随时随地的享受互联网上的实时音视频服务。如何在无线 Mesh 网络上开展实时音视频服务已成为目前的研究热点和商业应用的亮点。

1.2 国内外研究与发展现状

作为一种新型网络, 无线 Mesh 网络已经被纳入到 802.11s、802.15、802.16、802.20 等标准中。北电、飞利浦、汤姆逊等业界知名的厂家组成的 Wi-Mesh 联盟一直致力于无线 Mesh 网络标准的研究和推广。

目前, 无线 Mesh 网络主要应用在无线接入网络的构建, 国外的无线网络设备提供商, 如 Nokia、Nortek、Motorola 和 Intel 都纷纷推出自己的无线 Mesh 网络产品, 其目标定位在解决基于 802.11 的单个节点的无线接入覆盖问题。典型的系统如 Wi-Fi Mesh 等目前已经得到较快的发展和应用, 开始应用于区域覆盖和图像监控等; 而基于 WiMAX 的 Mesh 网络正在得到进一步研究和发展, 将在全球大规模地应用于构建“无线数字城市”。

尤其在近几年, 无线 Mesh 网络逐渐成为国内外的研究热点, 无论是高校实验室还是商业公司都投入大量精力研究无线 Mesh 网络的体系结构、MAC 信道接入协议、路由算法等。如麻省理工学院大的 CSAIL 实验室 (Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory) 的 Roofnet^{[37][38]}项目、微软美国研究院也构建了一个由大约 32 个 802.11a 无线 Mesh 节点组成的实验网络。而北电网络、StrixSystem 等公司也提出了自己的无线 Mesh 网络解决方案, 基于北电的 7220 系列的无线 Mesh 节点的组网方案已经在台北市和美国寇平 (Coppin) 州立学院进行了实际的组网。此外, 针对无线 Mesh 网络的改进路由和 MAC 协议也不断

被提出。

传统的 Internet 路由协议（如 OSPF, RIP）是专为有线网络设计的，它们不能够很好处理无线 Mesh 网络中常见的拓扑结构和链接质量的快速变化。因此，在无线 Mesh 网络中不能直接使用传统的 Internet 路由协议，此外，由于无线 Mesh 网络和 Ad hoc 网络之间的差别决定了为 Ad Hoc 网络设计的路由协议并不适合无线 Mesh 网络。目前，无线 Mesh 网络路由协议的研究主要是基于 Ad Hoc 网络路由协议（如 DSR、AODV）的改进，其路由协议的设计方案主要有跨层路由^[2]、多路径路由^[3]、分级路由^[4]和基于地理位置信息的路由^[5]四种类型。

在 MAC 信道接入控制协议方面，目前的无线 Mesh 网络的研究主要是基于普遍使用的 802.11 MAC 协议，在多跳环境下单信道的 MAC 协议性能较差。现有的无线网络协议（如 802.11）提供了若干个互不干扰的信道，即这些信道可以同时在一个范围内使用而不会造成干扰。通过在无线 Mesh 网络中应用多信道，可以提高系统的吞吐量，改善网络性能。

多信道 MAC 协议是无线 Mesh 网络在 MAC 接入控制协议上的研究发展趋势。由于目前大多数的无线网卡在同一时刻只能工作在同一个信道上，节点需要在多个信道之间进行切换，而信道的切换会带来一定的时延，影响传输性能。虽然多信道的 MAC 接入控制协议是解决无线 Mesh 网络吞吐量的有效技术，但是在信道协调、流量分配等方面还有待继续研究。

目前，无线 Mesh 网络相关技术研究还尚不成熟，难以支持带宽要求大、实时性要求高的音视频应用。它主要面临以下几个关键技术问题：

（1）随着无线 Mesh 网络覆盖区域的节点数量增加，整个网络的吞吐量和性能急剧下降，这对无线 Mesh 网络的架构提出了要求，即它必须具有一定的可扩展性，满足不断变化的用户分布及流量需求。特别在未来网络融合的条件下，如何采用 Mesh 架构来进行互联互通，将是一个重要的问题。

（2）目前的无线 Mesh 网络架构下的 MAC 层协议和路由协议尚不提供任何的 QoS 保证，在多跳的无线网络环境下带宽波动大、传输时延具有很大的不确定性、网络丢包也呈现突发特性，仅仅通过鲁棒的音视频编码算法和应用层的优化难以获得好的效果。

（3）无线 Mesh 网络主要应用于接入系统，必须提供适当的连通与覆盖能

力, 现有的方法难以适应多跳连通和覆盖的要求, 必须结合物理层传输、链路层资源分配、分布式调度、路由等技术进行跨层协同的设计才能有效地提高系统容量和覆盖范围。

1.3 论文的研究意义

无线 Mesh 网络是一种高容量、高速率, 并且承载多样业务的分布式网络, 需要针对不同的业务采用相应的服务质量保证机制。在已经制定的协议中, IEEE 802.16 可以支持多种通信业务, 如数据、语音、视频等, 并且为各种业务提供对应的服务质量支持, 主要方法是通过把 MAC 接口的数据映射到不同的业务流, 并根据优先级进行调度实现; IEEE 802.11 工作组制定了一个扩展协议 IEEE 802.11e 来提供对宽带多媒体业务的服务质量支持。

当在无线 Mesh 网络中同时传输实时业务和数据业务时, 为了保证语音通信的服务质量, 必须满足以下三个要求:

(1) 经过多跳的低时延。为了保证语音通信的实时性, 避免发生抖动等问题, 每跳必须保证使数据包时延最小。数据包在无线 Mesh 网络中的任何节点停留的时间必须最短, 才能达到与有线网络基本相同的性能。

(2) 经过多跳的高吞吐量。支持高吞吐量的能力直接等价于系统能够提供的语音和数据用户数。经过多跳后带宽的不足将导致无法令人满意的用户密度, 网络中也需要额外的设备和更多的开销。

(3) 语音业务的优先性。为了解决负载流量之间的冲突, 语音业务必须在无线 Mesh 网络中赋予优先级, 保证在传输过程中具有较低的时延, 满足服务质量的要求。仅仅在无线终端和接入点之间提供服务等级是远远不够的。无线 Mesh 网络在整个骨干网提出了对服务质量的要求, 以避免网络中每一跳可能会发生的冲突。

以上因素中的任何一个都将直接影响到无线 Mesh 网络的可扩展性和语音质量。如果多跳拓扑结构不能满足这些要求, 将缺乏语音支持能力。当在无线 Mesh 网络中同时传输多种业务而且负载较重时, 往往不能保证语音业务的服务质量, 而采用语音优先级是较好的解决方案。随着无线 Mesh 网络的广泛应用, 如何保证各种不同业务的服务质量是个重要课题, 目前相关的机制还有待于深入研究。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库